

5

Sensorelement

10

## Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einem Sensorelement nach dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

20

Ein derartiges Sensorelement ist beispielsweise aus Automotive Electronics Handbook, Editor: Ronald Jurgens, Kapitel 6, McGraw-Hill, 1995, bekannt. Das planare Sensorelement weist eine erste und eine zweite Festelektrolytfolie auf, zwischen denen ein Messgasraum eingebracht ist. Dem Messgasraum vorgeschaltet ist eine Diffusionsbarriere. Das außerhalb des Sensorelements befindliche Messgas kann über eine in die erste Festelektrolytfolie eingebrachte Messgasöffnung und über die Diffusionsbarriere in den Messgasraum gelangen.

25

30

Im Messgasraum ist eine Innenpumpelektrode und eine Nernstelektrode angeordnet. Die Innenpumpelektrode bildet zusammen mit einer auf einer Außenfläche des Sensorelements aufgebrachte Außenpumpelektrode und dem zwischen der Innenpumpelektrode und der Außenpumpelektrode liegenden Bereich der ersten Festelektrolytfolie eine elektrochemische Pumpzelle. Die Nernstelektrode wirkt mit einer einem Referenzgas ausgesetzten Referenzelektrode und mit dem zwischen der Nernstelektrode und der Referenzelektrode angeordneten Festelektrolyten zusammen; die genannten Elemente bilden eine elektrochemische Nernstzelle, mit der der Sauerstoffpartialdruck im Messgasraum bestimmt wird. Durch die Pumpzelle wird durch

35

Anlegen einer Pumpspannung derart Sauerstoff in den oder aus dem Messgasraum

- 2 -

gepumpt, dass im Messgasraum ein Sauerstoffpartialdruck von ungefähr  $\Lambda = 1$  vorliegt. Hierzu wird die Pumpspannung mittels einer Auswertelektronik so geregelt, dass die an der Nernstzelle anliegende Nernstspannung einem Sollwert von beispielsweise 450 mV entspricht. Bei magerem Abgas wird aufgrund dieser Regelung der gesamte durch die Diffusionsbarriere strömende Sauerstoff durch die Pumpzelle abgepumpt. Da die Menge des durch die Diffusionsbarriere strömenden Sauerstoffs ein Maß für den Sauerstoffpartialdruck des Messgases ist, kann anhand des Pumpstroms auf den Sauerstoffpartialdruck im Messgas geschlossen werden. Bei fettem Abgas diffundieren oxidierbare Bestandteile des Messgases (beispielsweise Kohlenwasserstoffe,  $H_2$ , CO) durch die Diffusionsbarriere in den Messgasraum. Die oxidierbaren Bestandteile des Messgases reagieren mit dem durch die Pumpzelle in den Messgasraum gepumpten Sauerstoff. Wiederum kann aufgrund des Pumpstroms auf den Sauerstoffpartialdruck im Abgas geschlossen werden.

Die beschriebene Bestimmung des Sauerstoffpartialdrucks setzt voraus, dass das Messgas sich im thermodynamischen Gleichgewicht befindet. Ist dies nicht der Fall, liegen also oxidierbare und reduzierbare Gaskomponenten nebeneinander vor, so wird das Messergebnis verfälscht, da die oxidierbaren und die reduzierbaren Gaskomponenten unterschiedliche Diffusionskonstanten aufweisen und damit unterschiedlich schnell durch die Diffusionsbarriere in den Messgasraum diffundieren. Ein ähnlicher Effekt tritt bei fettem Abgas auf, bei dem neben den Fettgaskomponenten  $H_2$ , CO und Kohlenwasserstoffen noch Restsauerstoff vorliegt (Mehrkomponentenmessgas). Die Anteile der verschiedenen Komponenten können jedoch variieren. Da die verschiedenen Komponenten unterschiedliche Diffusionskoeffizienten aufweisen, wird das Messergebnis verfälscht. Derartige Ungleichgewichtsmessgase oder Mehrkomponentenmessgase treten insbesondere während der Regenerierungsphase von Dieselpartikelfiltern oder im Fettabgas, beispielsweise während der Regenerierung eines  $NO_x$ -Speicherkatalysators, auf.

Aus der DE 100 13 882 A1 ist bekannt, einen Bereich der Diffusionsbarriere mit einem katalytisch aktiven Material zu beschichten. Durch das katalytisch aktive Material wird die Reaktion der oxidierbaren mit den reduzierbaren Komponenten des Ungleichgewichtsmessgases beschleunigt, so dass das Messgas nach Durchströmen des Bereichs der Diffusionsbarriere mit dem katalytisch aktiven Material im thermodynamischen Gleichgewicht vorliegt. Das katalytisch aktive Material ist dabei als

- 3 -

dünne Schicht auf der Diffusionsbarriere angeordnet, oder das katalytisch aktive Material ist innerhalb der sogenannten Gaszutrittsöffnung vorgesehen. Die Gaszutrittsöffnung ist in eine Festelektrolytfolie eingebracht, auf der auf gegenüberliegenden Seiten die Innenpumpelektrode und die Außenpumpelektrode angeordnet sind. Hierbei ist  
5 nachteilig, dass der Diffusionsweg des Messgases durch das katalytisch aktive Material sehr kurz ist und höchstens im Bereich von 0,5 mm liegt. Aufgrund des kurzen Diffusionsweges kann das Messgas nicht vollständig in das thermodynamische Gleichgewicht überführt werden, wodurch das Messsignal verfälscht wird.

#### Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Sensorelement mit den kennzeichnenden Merkmalen des unabhängigen Anspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass das Sensorelement den  
15 Sauerstoffpartialdruck des Messgases mit einer ausgezeichneten Ansprechgeschwindigkeit messen kann, und dass gleichzeitig eine genaue Messung des Sauerstoffpartialdrucks auch bei sogenannten Ungleichgewichtsmessgas oder Mehrkomponentenmessgas möglich ist, wenn also das Messgas nicht im thermodynamischen Gleichgewicht und damit in einer weitgehend definierten  
20 Zusammensetzung vorliegt.

Hierzu ist vorgesehen, dass das Sensorelement eine erste und eine zweite Elektrode umfasst, die durch einen Festelektrolyten elektrisch verbunden sind und eine elektrochemische Zelle bilden. Die zweite Elektrode ist in einem Gasraum angeordnet,  
25 der mit dem außerhalb des Sensorelements befindlichen Messgas über ein erstes Element, das ein katalytisch aktives Material aufweist, und ein zweites diffusionsbegrenzendes Element (Diffusionsbarriere) verbunden ist. Um zu gewährleisten, dass das Messgas beim Eintritt in das zweite Element und in den Gasraum im thermodynamischen Gleichgewicht vorliegt, weist das erste Element in Diffusionsrichtung des Messgases eine Länge von  
30 mindestens 1 mm auf. Hierdurch ist gewährleistet, dass das Messgas derart mit dem katalytisch aktiven Material des ersten Bereichs in Wechselwirkung tritt, dass das Messgas ins thermodynamische Gleichgewicht überführt wird.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte  
35 Weiterbildungen des in dem unabhängigen Anspruch genannten Sensorelements möglich.

Das erste Element kann als Hohlraum ausgestaltet sein, dessen Innenwände mit dem katalytisch aktiven Material beschichtet sind. Besonders bevorzugt ist das erste Element porös ausgebildet, wobei das Messgas durch die Poren des porösen ersten Elements diffundiert und dabei mit dem katalytisch aktiven Material in Kontakt kommt. Hierbei ist vorteilhaft, dass das katalytisch aktive Material auf eine kurze Diffusionsstrecke besonders häufig mit dem Messgas in Wechselwirkung treten kann, so dass das Messgas besonders zuverlässig ins thermodynamische Gleichgewicht gebracht wird.

Die Beeinträchtigung des Messsignals durch ein Messgas, das nicht vollständig im thermodynamischen Gleichgewicht vorliegt, konnte besonders wirkungsvoll bei einem Sensorelement vermieden werden, bei dem das erste Element in Diffusionsrichtung des Messgases eine Länge im Bereich von 1,5 mm bis 20 mm, besonders bevorzugt im Bereich von 2 mm bis 5 mm, aufweist, oder bei dem das mit einem porösen Material gefüllte Volumen des ersten Elements im Bereich von  $1 \text{ mm}^3$  bis  $20 \text{ mm}^3$ , insbesondere bei  $2 \text{ mm}^3$  bis  $10 \text{ mm}^3$ , beispielsweise bei  $6 \text{ mm}^3$  liegt, oder bei dem das erste Element ein mit einem porösen Material gefüllter Kanal ist, wobei die Höhe des ersten Elements im Bereich von 0,1 mm bis 0,5 mm, insbesondere bei 0,3 mm, liegt, und/oder wobei die Breite des ersten Elements im Bereich von 1 mm bis 4 mm, insbesondere bei 3 mm, liegt. Bei einem ersten Element, dessen Längserstreckung parallel zur Schichtebene des Sensorelements liegt, wird unter der Höhe des ersten Elements im Rahmen dieser Schrift die Ausdehnung senkrecht zur Schichtebene des Sensorelements und unter der Breite des ersten Elements die Ausdehnung in Richtung senkrecht zur Diffusionsrichtung und senkrecht zur Höhe verstanden.

Um den Diffusionswiderstand des ersten Elements gering zu halten, ist der Diffusionsquerschnitt des ersten Elements mindestens doppelt so groß wie der Diffusionsquerschnitt des zweiten Elements. Unter dem Diffusionsquerschnitt wird in dieser Schrift die offene Fläche (also die Fläche, durch die das Gas diffundieren kann) in der Ebene senkrecht zur Diffusionsrichtung verstanden. Bei einem porösen Material entspricht der Diffusionsquerschnitt der Fläche der durch die Poren gebildeten Hohlräume.

Besonders bevorzugt ist auf der Seite des ersten Elements, das dem außerhalb des Sensorelements befindlichen Messgas zugewandt ist, eine Verengung vorgesehen, deren

Diffusionsquerschnitt kleiner als der Diffusionsquerschnitt des ersten Elements ist. Das außerhalb des Sensorelements befindliche Messgas weist häufig hohe Strömungsgeschwindigkeiten sowie Pulsationen (Druckstöße) auf, die starke Druckänderungen im Gasraum hervorrufen können. Durch die Verengung werden vorteilhaft diese Strömungen und Pulsationen des Messgases gedämpft und damit die Druckänderungen im Gasraum vermindert. Die Verengung kann beispielsweise durch ein poröses Material mit einem entsprechend niedrigen Porenanteil oder durch einen Kanal mit entsprechend verringertem Querschnitt realisiert werden. Vorzugsweise liegt der Diffusionsquerschnitt der Verengung 10 bis 80 Prozent, insbesondere 20 bis 40 Prozent, des Diffusionsquerschnitts des ersten Elements, oder die Länge der Verengung in Diffusionsrichtung beträgt 10 bis 100 Prozent der Länge des ersten Elements, oder im Bereich der Verengung ist ein poröses Material vorgesehen, dessen mittlere Porendurchmesser im Bereich von 5 bis 20 Prozent des größten Querschnitts der Verengung liegt.

#### Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Sensorelements, Figur 2 einen Schnitt gemäß der Linie II – II in Figur 1, Figur 3 einen Längsschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Sensorelements, Figur 4 einen Schnitt gemäß der Linie IV – IV in Figur 3, Figur 5 einen Längsschnitt durch ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Sensorelements, und Figur 6 einen Schnitt in der Ebene der Figuren 2 und 4 durch ein viertes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Sensorelements.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die Figuren 1 und 2 zeigen als erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung ein Sensorelement 10 mit einer ersten Festelektrolytschicht 21, einer zweiten Festelektrolytschicht 22, einer dritten Festelektrolytschicht 23 und einer vierten Festelektrolytschicht 24. Auf der Seite der ersten Festelektrolytschicht 21, die eine

Außenseite des Sensorelements 10 bildet, ist eine dem Messgas ausgesetzte erste Elektrode 31 vorgesehen, die mit einer Schutzschicht (nicht dargestellt) überzogen ist. Der ersten Elektrode 31 gegenüberliegend ist auf der ersten Festelektrolytschicht 21 in einem Gasraum 41 eine zweite Elektrode 32 angeordnet. Der Gasraum 41 ist innerhalb des Sensorelements 10 zwischen der ersten Festelektrolytschicht 21 und der zweiten Festelektrolytschicht 22 angeordnet. Im Gasraum 41 ist – der zweiten Elektrode 32 gegenüberliegend – auf der zweiten Festelektrolytschicht 22 eine dritte Elektrode 33 angeordnet. Der dritten Elektrode 33 gegenüberliegend ist auf der zweiten Festelektrolytschicht 22 in einem Referenzgasraum 42 eine vierte Elektrode 34 angeordnet. Der Referenzgasraum 42 ist zwischen der zweiten Festelektrolytschicht 22 und der dritten Festelektrolytschicht 23 vorgesehen und enthält ein Referenzgas, insbesondere mit einem hohen Sauerstoffanteil. Zwischen der dritten und der vierten Festelektrolytschicht 23, 24 ist ein Heizelement 51 angeordnet, mit dem das Sensorelement 10 auf die erforderliche Betriebstemperatur erwärmt werden kann.

Der Gasraum 41 ist mit dem außerhalb des Sensorelements 10 befindlichen Messgas über ein erstes Element 61 und ein zweites Element 62 verbunden, wobei das zweite Element 62 zwischen dem ersten Element 61 und dem Gasraum 41 angeordnet ist. Das erste Element 61, das zweite Element 62 und der Gasraum 41 sind in einem sich entlang der Längsachse des Sensorelements 10 und zwischen der ersten und der zweiten Festelektrolytschicht 21, 22 erstreckenden Kanal angeordnet, der durch einen Dichtrahmen 29 seitlich abgedichtet ist.

Die Funktionsweise des Sensorelements 10 ist in Automotive Electronics Handbook, Editor: Ronald Jurgens, Kapitel 6, McGraw-Hill, 1995, beschrieben.

Das in den Figuren 3 und 4 dargestellte zweite Ausführungsbeispiel der Erfindung unterscheidet sich von dem ersten Ausführungsbeispiel dadurch, dass sich das erste Element 61 ausgehend vom zweiten Element 62 zunächst entlang der Längsachse des Sensorelements 10 und zwischen der ersten und der zweiten Festelektrolytschicht 21, 22 erstreckt und anschließend durch eine Öffnung in der ersten Festelektrolytschicht 21 bis zur Außenseite des Sensorelements 10 verläuft.

Das in der Figur 5 dargestellte dritte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich vom dem ersten und dem zweiten Ausführungsbeispiel unter anderem dadurch, dass die Elektroden und die Diffusionsbarriere ringförmig ausgestaltet sind.

5 Das Sensorelement 110 gemäß dem in Figur 5 dargestellten dritten Ausführungsbeispiel weist eine erste Festelektrolytschicht 121, eine zweite Festelektrolytschicht 122, eine dritte Festelektrolytschicht 123 und eine vierte Festelektrolytschicht 124 sowie eine Zwischenschicht 125 aus einem Festelektrolyten auf. Auf der Außenfläche der ersten Festelektrolytschicht 121 ist die ringförmige erste Elektrode 131 angeordnet. Zwischen  
10 der zweiten und der dritten Festelektrolytschicht 122, 123 ist ein Gasraum 141 vorgesehen. Im Gasraum 141 ist auf der zweiten Festelektrolytschicht 122 eine ringförmige zweite Elektrode 132 angeordnet. In der Schichtebene des Gasraums 141 ist weiterhin eine Referenzgasraum 142 vorgesehen, in dem auf der zweiten Festelektrolytschicht 122 eine dritte Elektrode 133 angeordnet ist, die einem Referenzgas  
15 mit einem hohen Sauerstoffanteil ausgesetzt ist.

Das außerhalb des Sensorelements befindliche Gas kann über ein erstes Element 161 und ein zweites Element 162 in den Gasraum 141 gelangen. Das erste Element 161 erstreckt sich in einem ersten Abschnitt in der Schichtebene zwischen der ersten und der zweiten Festelektrolytschicht 121, 122 parallel zur Längsachse des Sensorelements 10 und  
20 verläuft anschließend durch eine Öffnung in der zweiten Festelektrolytschicht 122 bis in die Mitte des ringförmigen zweiten Elements 162. Das zweite Element 162 ist innerhalb des ringförmigen Gasraums 141 zwischen der zweiten und der dritten Festelektrolytschicht 122, 123 angeordnet. Der Gasraum 141 ist somit über das zweite  
25 Element 162 und das erste Element 161 mit dem außerhalb des Sensorelements 10 befindlichen Gas verbunden.

Das erste Element 161 ist im Bereich zwischen der ersten und der zweiten Festelektrolytfolie 121, 122 seitlich von der Zwischenschicht 125 umgeben.

30 Die erste und die zweite Elektrode 131, 132 sind durch die erste Festelektrolytschicht 121, die Zwischenschicht 125 und die zweite Festelektrolytschicht 122 elektrisch verbunden.

Zwischen der dritten und der vierten Festelektrolytschicht ist weiterhin ein Heizelement 151 vorgesehen, das einen Heizleiter 152 umfasst, der durch eine Heizerisolation 153 von den umgebenden Schichten 123, 124 isoliert ist. Der Heizleiter 152 und die Heizerisolation 153 sind seitlich von einem Heizerdichtrahmen 154 umgeben. Der Aufbau des Heizelements 51 des ersten und zweiten Ausführungsbeispiels entspricht dem Heizelement 151 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel.

Das erste Element 61, 161 ist ein mit einem porösen Material gefüllter Kanal, der sich zumindest bereichsweise in einer Schichtebene, also parallel zu den Großflächen der Festelektrolytfolien 21, 22, 23, 24, 121, 122, 123, 124 erstreckt. Das poröse Material enthält als katalytisch aktives Material ein Edelmetall beziehungsweise eine Edelmetall enthaltende Mischung oder Legierung. Als Edelmetalle werden beispielsweise Platin, Rhodium oder Palladium oder eine Mischung oder Legierung der genannten Elemente verwendet. Als Stützgerüst für das katalytisch aktive Material kann eine poröse Keramik, die beispielsweise Aluminiumoxid enthält, vorgesehen sein, wobei das katalytisch aktive Material in den Poren der porösen Stützkeramik vorgesehen ist.

Das außerhalb des Sensorelements befindliche Messgas diffundiert durch das erste Element 61, 161 zum zweiten Element 62, 162 und dann in den Gasraum 41, 141. Die Diffusionsstrecke durch das erste Element 61, 161 liegt bei 3 mm. Der Kanal, in dem das erste Element 61, 161 angeordnet ist, weist eine Querschnittsfläche (also die von der Innenbegrenzung eingeschlossene Fläche senkrecht zur Längserstreckung) von ungefähr  $0,4 \text{ mm}^2$  auf, wobei die Höhe bei ungefähr 0,2 mm und die Breite bei ungefähr 2 mm liegt. Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 3 und 4 und dem dritten Ausführungsbeispiel gemäß der Figur 5 weist das erste Element 61, 161 einen Abschnitt mit einer Längserstreckung senkrecht zur Schichtebene des Sensorelements 10 auf, der sich durch eine Öffnung in einer der Festelektrolytschichten erstreckt. In diesem Abschnitt, der bevorzugt einen kreisförmigen Querschnitt aufweist, liegt die Querschnittsfläche ebenfalls ungefähr bei  $0,4 \text{ mm}^2$ .

Das zweite diffusionsbegrenzende Element 62, 162 ist eine Diffusionsbarriere, deren Diffusionsquerschnitt deutlich geringer als der Diffusionsquerschnitt des ersten Elements 61, 161 ist. Der Diffusionsquerschnitt des zweiten Elements 62, 162 liegt beispielsweise bei ungefähr  $0,1 \text{ mm}^2$ , während der Diffusionsquerschnitt des ersten Elements 61, 161 bei  $0,35 \text{ mm}^2$  liegt. Der Diffusionswiderstand, der die Diffusion des Gases in den Gasraum



41, 141 begrenzt, ist daher im wesentlichen durch den Diffusionswiderstand des zweiten Elements 62, 162 gegeben.

5 In Figur 6 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung angegeben, das sich auf die Ausführungsbeispiele gemäß den Figuren 1 bis 5 übertragen lässt. Die Schnittebene der Figur 6 entspricht der Schnittebene der Figuren 2 und 4. Auf der dem zweiten Element 62 abgewandten Seite des ersten Element 61 ist eine Verengung 71 vorgesehen. Die Verengung 71 weist einen geringeren Diffusionsquerschnitt als das erste Element 61 auf. Hierzu weist die Verengung 71 einen geringere Querschnittsfläche als der Kanal auf, in dem das erste Element 61 angeordnet ist. Die Länge (entlang der Diffusionsrichtung) der Verengung 71 beträgt 50 Prozent der Länge des ersten Elements 61, und die Querschnittsfläche der Verengung 71 beträgt 30 Prozent der Querschnittsfläche des ersten Elements 61.

15 Alternativ kann die Verengung mit einem porösen Material gefüllt sein, dessen Porenanteil geringer ist als der Porenanteil des ersten Elements.

20 Der Kanal, in dem das erste Element angeordnet ist, kann auch, insbesondere in der Schichtebene der Festelektrolytfolien, schlangenförmig oder mäanderförmig ausgebildet sein, um so den Diffusionsweg innerhalb des ersten Elements zu verlängern.

25 Die Erfindung lässt sich auch auf ein Sensorelement übertragen, das zwei parallel geschaltete elektrochemische Zellen aufweist, wobei die eine elektrochemische Zelle ein erfindungsgemäßes erstes Element aufweist, das dem zweiten Element (Diffusionsbarriere) vorgeschaltet ist, und wobei bei der anderen elektrochemischen Zelle ein derartiges katalytisch aktives erstes Element nicht vorgesehen ist.

5

10

**Patentansprüche**

15

20

25

30

1. Sensorelement (10), insbesondere zum Nachweis einer physikalischen Eigenschaft eines Messgases, vorzugsweise zur Bestimmung des Sauerstoffpartialdrucks in einem Abgas einer Brennkraftmaschine, mit mindestens einer elektrochemischen Messzelle, die eine erste Elektrode (31, 131) und eine zweite Elektrode (32, 132) umfasst, die durch einen Festelektrolyten (21, 121, 122, 125) elektrisch verbunden sind, wobei die zweite Elektrode (32, 132) in einem Gasraum (41, 141) angeordnet ist, der mit dem außerhalb des Sensorelements (10, 110) befindlichen Messgas über ein erstes, ein katalytisch aktives Material aufweisendes Element (61, 161) und ein zweites diffusionsbegrenzendes Element (62, 162) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Element (61, 161) in Diffusionsrichtung des Messgases eine Länge von mindestens 1 mm aufweist.
2. Sensorelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Element (61, 161) und/oder das zweite Element (62, 162) zumindest bereichsweise porös ausgebildet ist.
3. Sensorelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Element (61, 161) in Diffusionsrichtung des Messgases eine Länge im Bereich von 1,5 mm bis 20 mm, insbesondere im Bereich von 2 mm bis 5 mm, aufweist.
4. Sensorelement nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Porenanteil des ersten Elements (61, 161) mindestens doppelt so groß ist wie der

Porenanteil des zweiten Elements (62, 162).

5. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit einem porösen Material gefüllte Volumen des ersten Elements (61, 161) im Bereich von  $1 \text{ mm}^3$  bis  $20 \text{ mm}^3$ , insbesondere im Bereich von  $2 \text{ mm}^3$  bis  $10 \text{ mm}^3$ , liegt.
6. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Diffusionsquerschnitt des ersten Elements (61, 161) mindestens doppelt so groß wie der Diffusionsquerschnitt des zweiten Elements (62, 162) ist.
7. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Element (61, 161) ein mit einem porösen Material gefüllter Kanal ist, und dass die Höhe des ersten Elements (61, 161) im Bereich von 0,1 mm bis 0,5 mm, insbesondere bei 0,3 mm, liegt, und/oder dass die Breite des ersten Elements (61, 161) im Bereich von 1 mm bis 4 mm, insbesondere bei 3 mm, liegt.
8. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Element (62, 162) zwischen dem ersten Element (61, 161) und dem Gasraum (41, 141) angeordnet ist.
9. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf der dem außerhalb des Sensorelements (10) befindlichen Messgas zugewandten Seite des ersten Elements (61, 161) eine Verengung (71) vorgesehen ist, deren Diffusionsquerschnitt kleiner ist als der Diffusionsquerschnitt des ersten Elements (61, 161).
10. Sensorelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Diffusionsquerschnitt der Verengung (71) 10 bis 80 Prozent, insbesondere 20 bis 40 Prozent, des Diffusionsquerschnitts des ersten Elements (61, 161) beträgt, und/oder dass die Länge der Verengung (71) in Diffusionsrichtung 10 bis 100 Prozent der Länge des ersten Elements (61, 161) beträgt.
11. Sensorelement nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Verengung (71) ein poröses Material vorgesehen ist, dessen mittlere

- 12 -

Porendurchmesser im Bereich von 5 bis 20 Prozent des größten Querschnitts der Verengung (71) liegt.

- 5      12. Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Element (61, 161) und/oder das zweite Element (62, 162) zumindest bereichsweise in der Schichtebene des Messgasraum (41, 141) vorgesehen ist.

1 / 3

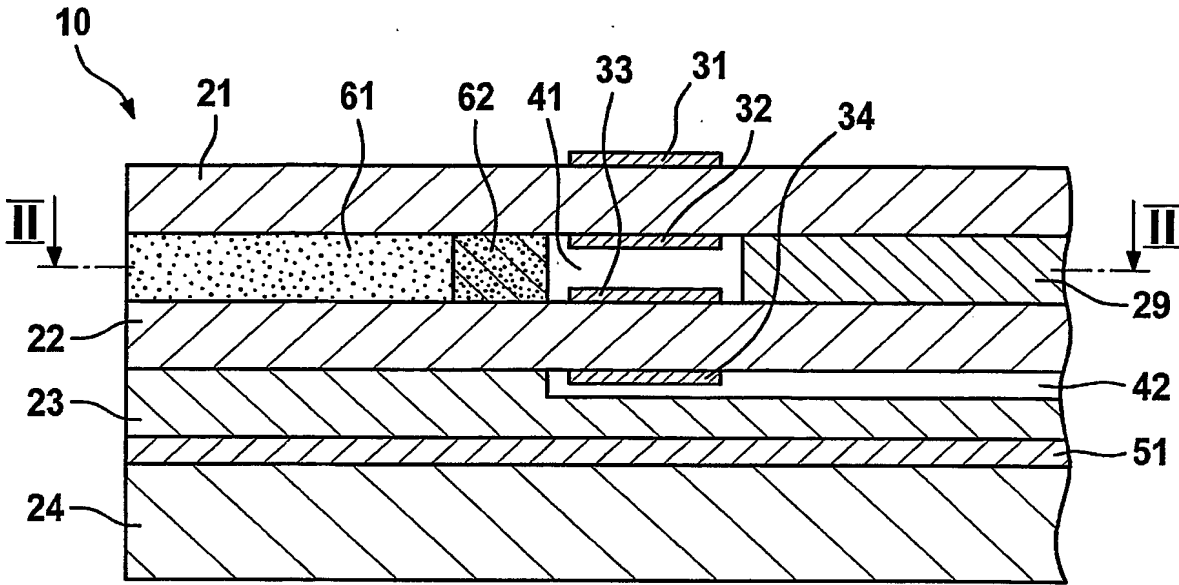


FIG. 1

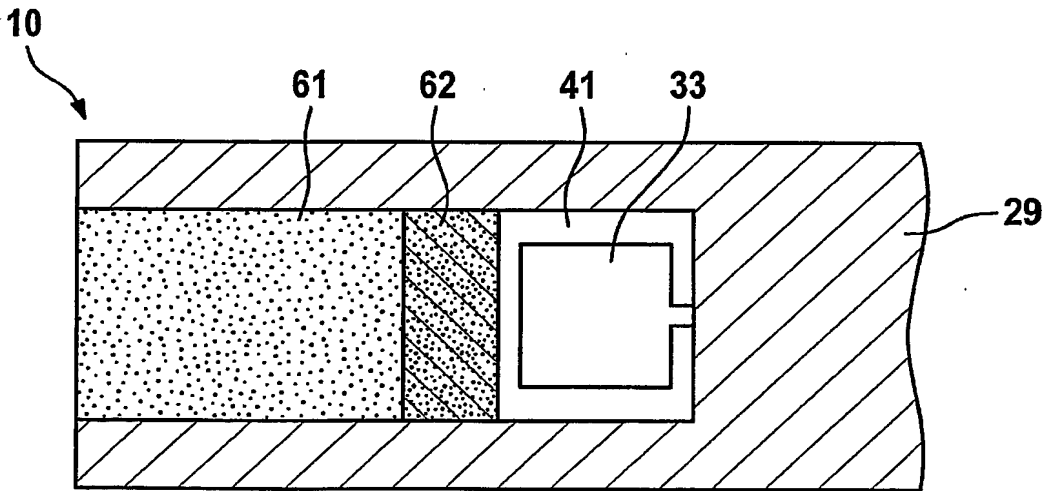


FIG. 2

2 / 3

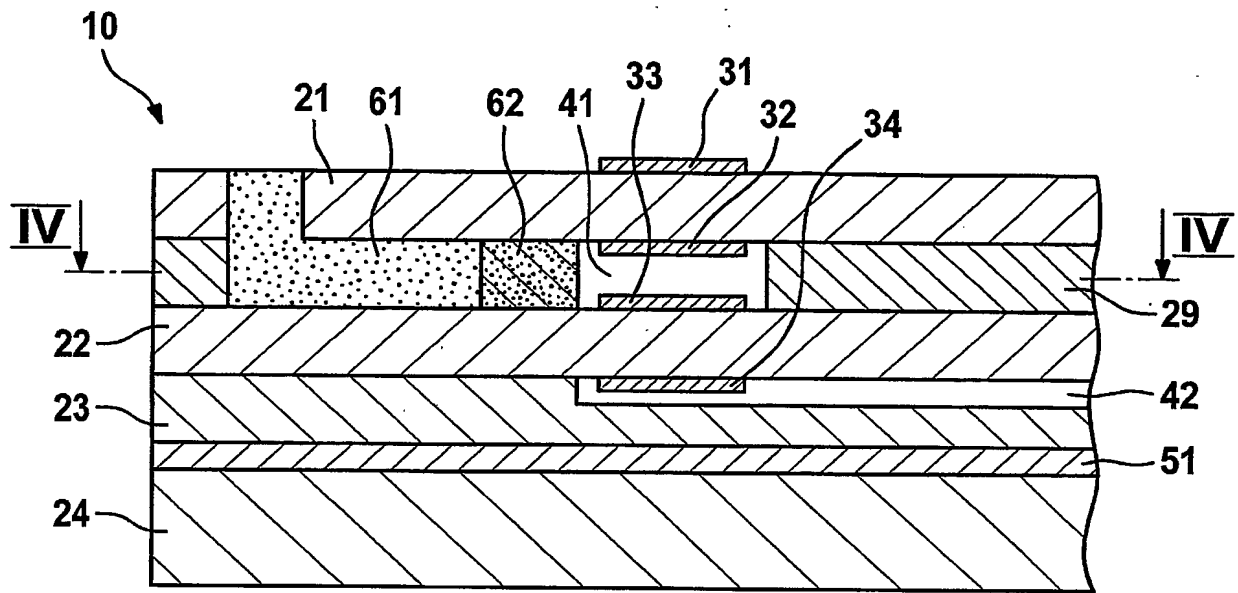


FIG. 3

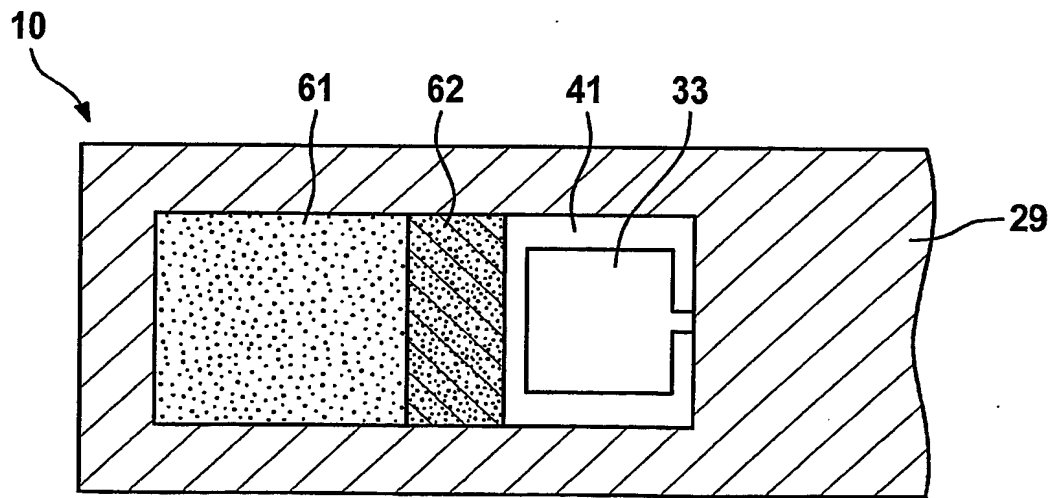
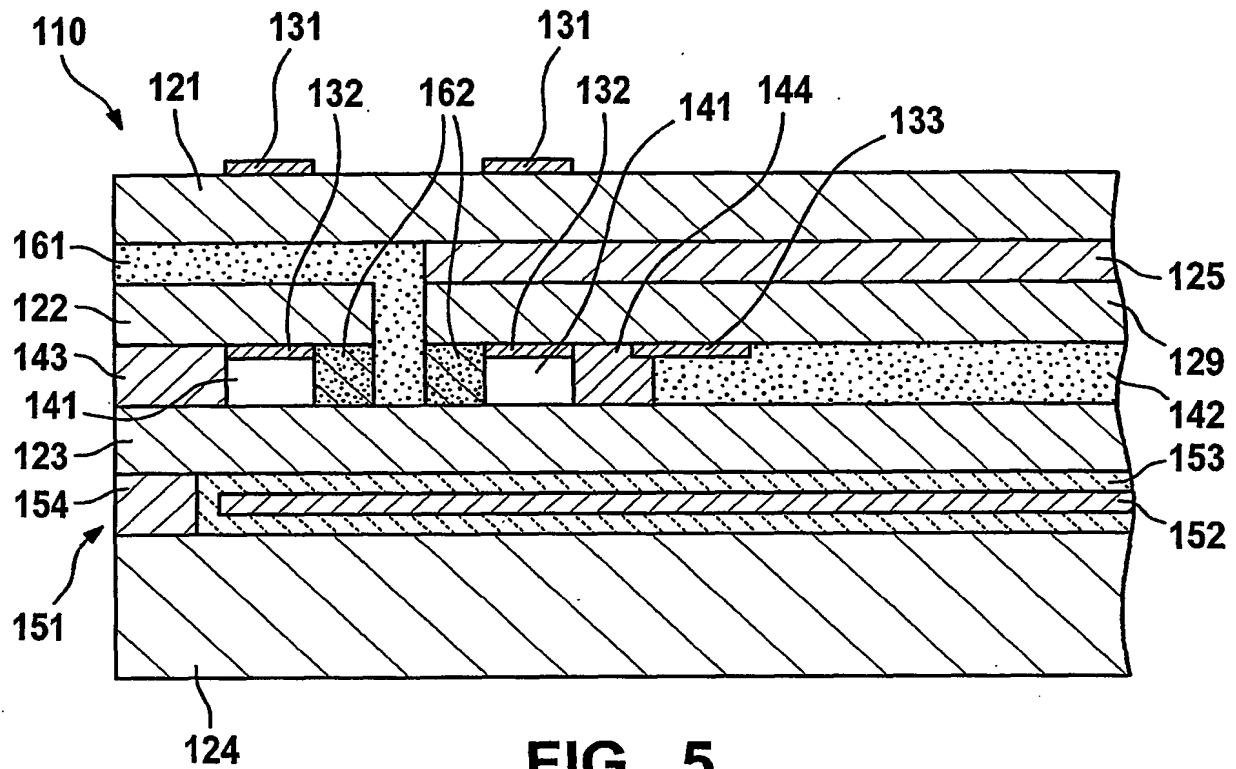
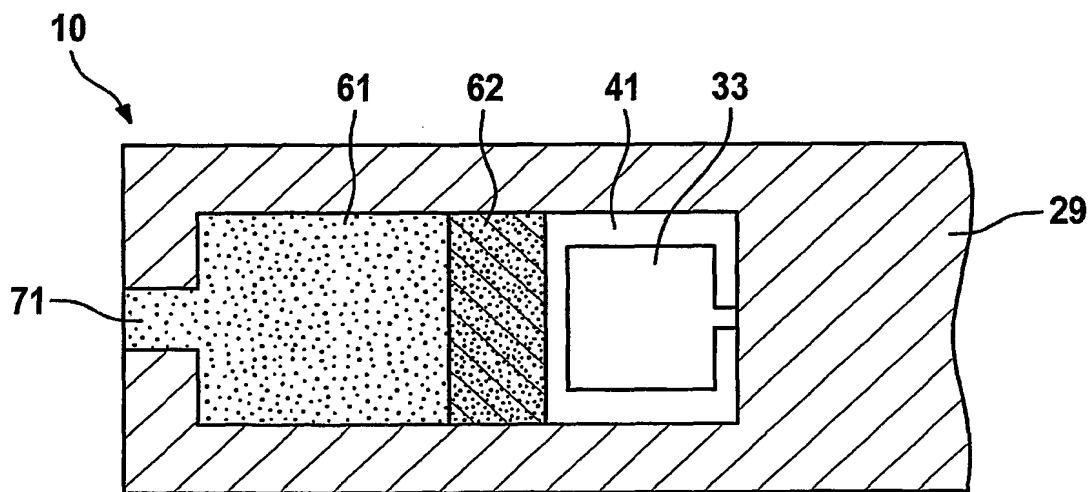


FIG. 4

**3 / 3**



**FIG. 5**



**FIG. 6**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2004/002179

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01N27/407 G01N27/419

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 866 799 A (NAKAGAKI KUNIHICO ET AL) 2 February 1999 (1999-02-02) column 1, lines 11-17 column 11, line 10 - column 12, line 60 column 16, lines 24-57 column 19, lines 23-40 figures 2,4,12	1-5, 7-10,12
X	EP 1 167 957 A (RIKEN KK) 2 January 2002 (2002-01-02) paragraphs '0012! - '0022!; figure 1 ----- -/--	1-5, 7-10,12

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 January 2005

Date of mailing of the international search report

31/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meyer, F



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2004/002179

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02/090957 A (BOSCH GMBH ROBERT ; EISELE ULRICH (DE); KARLE JUERGEN (DE); DIEHL LOTH) 14 November 2002 (2002-11-14) page 2, line 27 - page 3, line 31 page 4, lines 8-12 page 5, line 20 - page 7, line 24 page 8, lines 11-14 figures 1,2	1-7,12
X	DE 100 13 882 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 October 2001 (2001-10-04) cited in the application paragraphs '0002!, '0007!, '0010! - '0012!, '0016!, '0019!, '0022!; claims 1,2,4; figures 1,2	1-12

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

ent family members

International Application No  
PCT/DE2004/002179

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5866799	A	02-02-1999	JP 2885336 B2	19-04-1999
			JP 8271476 A	18-10-1996
			US 5672811 A	30-09-1997
			US 5939615 A	17-08-1999
			US 6076393 A	20-06-2000
			US 6196053 B1	06-03-2001
			DE 69521451 D1	02-08-2001
			DE 69521451 T2	02-05-2002
			DE 69533778 D1	23-12-2004
			EP 1001262 A1	17-05-2000
			EP 1486779 A2	15-12-2004
			EP 1484604 A2	08-12-2004
			EP 0678740 A1	25-10-1995
			JP 3511468 B2	29-03-2004
			JP 11094794 A	09-04-1999
			JP 2002310985 A	23-10-2002
			JP 3571039 B2	29-09-2004
			JP 2004037473 A	05-02-2004
			JP 2004239916 A	26-08-2004
			EP 0791825 A1	27-08-1997
			JP 9288086 A	04-11-1997
EP 1167957	A	02-01-2002	JP 2002005883 A	09-01-2002
			JP 2002243692 A	28-08-2002
			EP 1167957 A2	02-01-2002
			US 2002017461 A1	14-02-2002
WO 02090957	A	14-11-2002	DE 10121889 A1	28-11-2002
			WO 02090957 A2	14-11-2002
			JP 2004519693 T	02-07-2004
			US 2004040846 A1	04-03-2004
DE 10013882	A	04-10-2001	DE 10013882 A1	04-10-2001
			WO 0171333 A1	27-09-2001
			EP 1277047 A1	22-01-2003
			JP 2003528314 T	24-09-2003
			US 2003154764 A1	21-08-2003

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002179

## A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01N27/407 G01N27/419

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 866 799 A (NAKAGAKI KUNIHICO ET AL) 2. Februar 1999 (1999-02-02) Spalte 1, Zeilen 11-17 Spalte 11, Zeile 10 - Spalte 12, Zeile 60 Spalte 16, Zeilen 24-57 Spalte 19, Zeilen 23-40 Abbildungen 2,4,12	1-5, 7-10,12
X	EP 1 167 957 A (RIKEN KK) 2. Januar 2002 (2002-01-02) Absätze '0012! - '0022!; Abbildung 1 -/-	1-5, 7-10,12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung g kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung g kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

21. Januar 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

31/01/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Meyer, F

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002179

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 02/090957 A (BOSCH GMBH ROBERT ; EISELE ULRICH (DE); KARLE JUERGEN (DE); DIEHL LOTH) 14. November 2002 (2002-11-14) Seite 2, Zeile 27 - Seite 3, Zeile 31 Seite 4, Zeilen 8-12 Seite 5, Zeile 20 - Seite 7, Zeile 24 Seite 8, Zeilen 11-14 Abbildungen 1,2	1-7, 12
X	DE 100 13 882 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) in der Anmeldung erwähnt Absätze '0002!, '0007!, '0010! - '0012!, '0016!, '0019!, '0022!; Ansprüche 1,2,4; Abbildungen 1,2	1-12

# INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung

Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/0021 79

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5866799	A	02-02-1999	JP 2885336 B2 19-04-1999
			JP 8271476 A 18-10-1996
			US 5672811 A 30-09-1997
			US 5939615 A 17-08-1999
			US 6076393 A 20-06-2000
			US 6196053 B1 06-03-2001
			DE 69521451 D1 02-08-2001
			DE 69521451 T2 02-05-2002
			DE 69533778 D1 23-12-2004
			EP 1001262 A1 17-05-2000
			EP 1486779 A2 15-12-2004
			EP 1484604 A2 08-12-2004
			EP 0678740 A1 25-10-1995
			JP 3511468 B2 29-03-2004
			JP 11094794 A 09-04-1999
			JP 2002310985 A 23-10-2002
			JP 3571039 B2 29-09-2004
			JP 2004037473 A 05-02-2004
			JP 2004239916 A 26-08-2004
			EP 0791825 A1 27-08-1997
			JP 9288086 A 04-11-1997
EP 1167957	A	02-01-2002	JP 2002005883 A 09-01-2002
			JP 2002243692 A 28-08-2002
			EP 1167957 A2 02-01-2002
			US 2002017461 A1 14-02-2002
WO 02090957	A	14-11-2002	DE 10121889 A1 28-11-2002
			WO 02090957 A2 14-11-2002
			JP 2004519693 T 02-07-2004
			US 2004040846 A1 04-03-2004
DE 10013882	A	04-10-2001	DE 10013882 A1 04-10-2001
			WO 0171333 A1 27-09-2001
			EP 1277047 A1 22-01-2003
			JP 2003528314 T 24-09-2003
			US 2003154764 A1 21-08-2003

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**